

LOS MATERIALES METÁLICOS NO FÉRRICOS Y SUS ALEACIONES: CLASIFICACIÓN, OBTENCIÓN Y APLICACIONES

1 INTRODUCCIÓN

La ciencia que estudia la serie de operaciones (transformaciones físicas) y procesos (transformaciones químicas) que han de sufrir las menas para extraer de ellas los metales que contienen, así como la preparación de aleaciones, sus tratamientos térmicos y mecánicos, hasta la obtención del producto final, se denomina **metalurgia**. Mena = mineral útil + ganga, mineral de naturaleza rocosa.

2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES

Aleación es el producto homogéneo de dos o más elementos, donde uno de ellos es un metal. Metal base es el que se halla en mayor proporción y aleantes los restantes elementos. Una vez la mezcla es homogénea, se deja enfriar para que solidifique y según la naturaleza de los cristales que se formen da lugar a:

- **Solución sólida de sustitución:** tiene lugar cuando los átomos de los elementos aleantes se sitúan en la red cristalina del metal base. Si los átomos del metal base y los de los aleantes son semejantes se origina una *solución sólida de sustitución* y si los átomos de los aleantes son tan pequeños que se alojan en los huecos o intersticios del metal base, se origina una *solución sólida intersticial*.
- **Aleaciones eutécticas:** los átomos del metal base y de los aleantes son de tamaños muy distintos y no cristalizan en el mismo sistema (después de la solidificación cada uno de ellos conservará su edificio cristalino independiente).
- **Compuestos intermetálicos:** los átomos de los elementos que intervienen en la aleación son químicamente muy distintos.

3 VENTAJAS DEL METAL NO FÉRRICO FRENTE A LOS FÉRRICOS

Satisfacen las exigencias de la ciencia moderna. Propiedades: buena conductividad eléctrica, elevada relación resistencia/peso, refractabilidad, aptitud para determinadas formas de moldeo y forja, facilidad de mecanizado y aspecto ornamental. Un ejemplo lo tenemos en el avance de la exploración espacial gracias, en gran parte, a las investigaciones sobre las aleaciones de titanio, carburos de boro, etc.

4 PROCESOS DE OBTENCIÓN DEL METAL

4.1 Preparación de las menas

- **Concentración:** se trata de eliminar la mayor cantidad de ganga que impurifica el metal. Lo más frecuente es reducir la mena a polvo fino por triturado y molino y someterla posteriormente a alguna de las siguientes operaciones de cribado, lavado, selección magnética, acción de líquidos densos y proceso de flotación.
- **Calcinación:** las menas concentradas se someten a hornos, a elevadas temperaturas.
- **Tostación:** se calienta la mena concentrada en una corriente de aire, transformando los sulfuros en óxidos y eliminándose azufre (S), antimonio (Sb), arsénico (As) y selenio (Se), fácilmente oxidables y volátiles.
- **Sintetización:** se consigue el aprovechamiento de menas en estado de polvo finísimo. Consiste en la aglomeración de partículas finas mediante fusión incipiente (en hornos rotativos).

4.2 Extracción del metal

Mediante la **reducción** se obtienen los metales a partir de sus óxidos, a los que se hace reaccionar en hornos adecuados con agentes reductores que, combinándose con oxígeno dejan el metal en libertad. Para facilitar la separación del metal fundido de la ganga se adicionan fundentes; de esta combinación resulta un producto fusible y menos denso que el metal, denominado escoria.

4.3 Afino del metal bruto

Los metales, tal como salen de los hornos, contienen impurezas (escorias, óxidos, sulfuros), por ello es necesario someterlos a procesos de afino como:

- **Oxidación:** basado en la mayor afinidad del oxígeno para combinarse con impurezas, formando óxidos que flotan en la superficie como espuma o se combinan con los fundentes para dar escorias.
- **Electrólisis:** se coloca el metal impuro como ánodo en una cuba electrolítica. Al pasar corriente eléctrica a través de la cuba, se consigue depositar en el cátodo el metal puro y disolver el ánodo impuro.

5 CLASIFICACIÓN DE LOS METALES NO FÉRRICOS Y SUS ALEACIONES

5.1 Metales no férricos pesados (Densidad > 5 kg/dm³)

5.1.1 Cobre (Cu)

- **Características:** Densidad 8,9 kg/dm³. Punto fusión 1083 °C. Elevada plasticidad. Conformación en frío y en caliente. Resistencia al desgaste, maquinabilidad y resistencia mecánica bajas. Alta resistencia a la corrosión. Conductividad térmica y eléctrica muy elevadas.
- **Obtención del cobre:** A partir de minerales de cobre puro, minerales sulfurados (calcopirita y calcosina) y minerales oxidados (cuprita y malaquita).
- **Metalurgia:**
 - Por vía seca: contenido Cu >15%. Se tritura y se muele hasta pulverizar (Concentración). Se homenea y se somete a oxidación (Tostación). Se le agrega Sílice (SiO₂) y la mezcla se funde en un horno, produciéndose dos capas líquidas, una inferior "mata de cobre" (sulfuro cuproso Cu₂S+otros sulfuros+óxidos) y la superior "escoria" (silicatos) que se retira dejando en el horno los sulfuros cuproso y ferroso (Cu₂S+FeS) (Formación de la mata). Se inyecta aire a presión a través de la mata fundida, en un convertidor. En esta reacción (oxidación-reducción), se separa el hierro (Fe) y el azufre (S) que se convierte en SO₂. El cobre fundido (de pureza 98-99%) se vacía en ollas de colada, y se vierte en lingoteras. (Conversión de la mata a cobre bruto o "Blister"). Para un afino posterior, se construyen ánodos de este cobre que se colocan en celdas electrolíticas que producen una pureza del 99,99%. Las impurezas se depositan en el fondo de los tanques y, en posteriores procesos, se extraen de ellas plata y oro (Afino del cobre).
 - Por vía húmeda: disolución del mineral (lixiviación), seguido de una precipitación por hierro (se obtiene pureza 80%) o electrolítica (pureza 100%) (Precipitación).
- **Aplicaciones:** Conductores eléctricos, bobinas, motores, calderas, tuberías, aparatos de calefacción, objetos de artesanía, decoración, cubas. En la mayoría se encuentra formando aleaciones.
- **Aleaciones:** La adición de elementos al cobre disminuye su conductividad térmica y eléctrica, pero mejora sus propiedades mecánicas y a la corrosión. Aleaciones:
 - Latón: Cu+Zn. Si 30%<Zn<55% latones ordinarios: de primer título si Zn<33%, de segundo título si 33%<Zn<45% y de tercer título si Zn>45% y latones especiales cuando además del Cu existen otros elementos (al estaño, al plomo, al manganeso y para soldadura fuerte (4-6% de plata)).
 - Bronce: cobre con estaño. Ordinarios si solo contienen Cu+Sn (5%<Sn<30%) y especiales si se adicionan con otros elementos (al cinc, al fósforo, al plomo, al silicio).
 - Cuproaluminio o Bronce de aluminio: Cu+Al (5%<Al<11%).
 - Alpacas: Cu+Ni+Zn+Sn
 - Cuproníquel: Cu+Ni (5%<Ni<40%).
 - Cuproberilio: Cu+Be.

5.1.2 Estaño (Sn)

- **Características:** Densidad 7,3 kg/dm³. Punto fusión bajo 231 °C. Resistencia a tracción baja, alargamiento 40%, dúctil y quebradizo en caliente, blando y maleable en frío. No se oxida.
- **Obtención:** se obtiene a partir de la casiterita.
 - Por reducción de los óxidos del estaño mediante carbón y transformándolo por electrólisis a estaño puro (99,99%).
 - Por recuperación a partir de la chatarra del estaño, bañando la hojalata en solución de sosa cáustica que disuelve el estaño y recuperándolo por electrólisis.
- **Aplicaciones:** forma parte de la hojalata (al ser inalterable por el aire y ácidos orgánicos) y como recubrimiento del cobre en la fabricación de tubos para serpentines.
- **Aleaciones:** destacan dos grupos, los bronce (Cu+Sn, vistos anteriormente) y las que interviene el plomo (Sn+Pb). En estas últimas destacan:
 - Metal de imprenta.
 - Plomo duro.
 - Aleaciones antifricción: Sn+Cu+Sb+Pb. (Sb=antimonio).
 - Soldadura blanda: Sn+Pb (25%<Sn<90%).

5.1.3 Plomo (Pb)

- **Características:** Densidad 11,34 kg/dm³. Punto fusión 327 °C. Maleable y poco tenaz, buen conductor del calor y la electricidad. Atacado por el agua de lluvia, ácido nítrico, halógenos y vapor de azufre. Resistente al ácido sulfúrico y al clorhídrico.
- **Obtención:** A partir de la galena. Se somete a un proceso de molturación (para obtener pequeñas partículas), flotación (separar impurezas), tostación (proceso de oxidación), reducción por fusión y afino (clásico, por deplatación o electrolítico).

- Aplicaciones: en la industria química (revestimiento de depósitos para contener ácidos), industria eléctrica (pilas, revestimiento conductores), pinturas (anti-corrosión), industria petrolera (aditivo de gasolinas para mejorar rendimiento) industria juguetera, medicina (contra radiaciones).
- Aleaciones: plomo- antimonio, plomo y estaño, antifricción al plomo, Pb+Sb+Sn (impresión).

5.1.4 Cinc (Zn)

- Características: Densidad 7,14 kg/dm³. Punto fusión 419°C. Buena resistencia a la oxidación a la corrosión del aire (el aire húmedo le ataca formando una capa de óxido que le protege), poca resistencia a la corrosión por ácidos y sales, mala resistencia a la tracción, frágil a temperatura ambiente y maleable a 150°-180°.
- Obtención: a partir de la blenda. Por vía seca (reducción del óxido de cinc) o por vía húmeda (solución de óxido de cinc con ácido sulfúrico y se somete a proceso electrolítico)
- Aplicaciones: chapas para tejados, canalones, cornisas, cincado (recubrimiento de piezas en baño de Zn), galvanizado (recubrimiento por electrolisis), metalizado (proyección con pistola eléctrica).
- Aleaciones: Zamak (Zn+Al (14%)+Cu (1%)), latón, Bronce al cinc (Cu+Sn+Zn), Alpacas.

5.1.5 Níquel (Ni)

- Características: Densidad 8,9 Kg/dm³, Punto fusión 1450°C. Excelente resistencia a la corrosión y oxidación a altas temperaturas, es tenaz y se deja pulir con facilidad, es ferromagnético, como el hierro y cobalto, buen conductor eléctrico, material duro y como desfavorables: alta densidad y precio elevado.
- Obtención: se extrae de la pentlandita, garnierita, niquelita y blenda de níquel.
- Aplicaciones: es estado puro, se emplea como recubrimiento protector de otros metales, para fabricar electrodos de bujías, cables eléctricos, acumuladores, fabricación de equipos de procesamiento de alimentos, utensilios de cocina, aparatos quirúrgicos, de laboratorio y su principal aplicación reside en la fabricación de aceros especiales (acero inoxidable).
- Aleaciones: con ellas se pretende mejorarla resistencia de los materiales a la corrosión y oxidación y aumentar la resistencia mecánica y la temperatura de trabajo. Aleaciones: Alnico (Al+Ni+Co+Fe), Permalloy (80% Ni), Monel (Cu+65% Ni), Nicrone (Ni+Cr+Fe), Inconel (Ni+Cr+Fe+Mo+W), Hastelloy (Ni+Mo).

5.1.6 Cromo (Cr)

- Características: Densidad 7,1 Kg/dm³. Punto fusión 1900°C. Muy duro y gran acritud (dureza+fragilidad), alta resistencia a la corrosión.
- Obtención: se extrae de la cromita, mediante tres procedimientos: por reducción directa con carbono, por reducción del óxido cromático con aluminio finamente dividido o por tratamiento electrolítico de solución acuosa de óxido crómico.
- Aplicaciones: recubrimiento antioxidante (cromato electrolítico), recubrir piezas sometidas a gran desgaste y rozamiento como los motores de explosión (cromato duro).
- Aleaciones: Nicrone (Ni+Cr+Fe).

5.1.7 Wolframio (W)

- Características: densidad 19,3 kg/dm³. Punto fusión 3370°C.
- Obtención: se extrae de la Wolframita.
- Aplicaciones: en estado puro se utiliza para la fabricación de filamentos de lámparas de incandescencia y electrodos para soldadura eléctrica.
- Aleaciones: aleado con otros elementos se emplea para obtención de aceros para herramientas de gran calidad (confiere gran dureza en el trabajo en caliente).

5.1.8 Cobalto (Co)

- Características: Densidad 8,6 kg/dm³. Punto de fusión 1490 °C, es muy tenaz, material ferromagnético.
- Obtención: de la eritrina y la cobaltina.
- Aleaciones: aleado con otros elementos se emplea para la obtención de aceros para herramientas, para imanes de gran calidad y para fabricación de metales duros (obtenidos por sintetización).

5.1.9 Oro (Au)

- Características: Densidad 19,3 kg/dm³, punto de fusión 1063 °C, es el más dúctil y maleable de los metales, muy resistente a la corrosión y oxidación, se disuelve en mercurio, excelente conductor de calor y electricidad.
- Obtención: puede obtenerse en estado puro, en aluviones, o en estado combinado de otros metales (Cu, Ni, Pb, etc.).
- Aplicaciones: joyería (pureza expresada en quilates), como reserva y garantía de papel moneda, monedas conmemorativas, cableado interno de algunos circuitos integrados en electricidad.

5.1.10 Plata (Ag)

- **Características:** Densidad 10,5 kg/dm³, punto fusión 960°C, dúctil y maleable, excelente conductor del calor y la electricidad.
- **Obtención:** es estado puro (como el oro) y como subproducto de la obtención de otros metales como la argentita, la galena y en la metalurgia del cobre y plomo.
- **Aplicaciones:** en estado puro para joyería, monedas conmemorativas, cuberterías, en electricidad en hilos de fusible, interruptores.

5.1.11 Platino (Pt)

- **Características:** Densidad 21,4 kg/dm³, punto fusión 1700°C, blando.
- **Obtención:** en estado puro, en las arenas argentíferas acompañado de otros metales.
- **Aplicaciones:** joyería, componentes eléctricos – electrónicos, como catalizador en la industria química.

5.1.12 Mercurio (Hg)

- **Características:** Densidad 13,5 kg/dm³, punto de fusión 1700°C, es el único que a temperatura ambiente se emplea en estado líquido.
- **Obtención:** del cinabrio.
- **Aplicaciones:** en trabajos científicos, termómetros, barómetros, en electricidad en algunas lámparas.

5.2 Materiales no férricos ligeros (2 kg/dm³ < densidad < 5 kg/dm³)

5.2.1 Aluminio (Al)

- **Características:** Densidad 2,7 Kg/dm³, punto de fusión 675 °C, inoxidable al aire (se recubre de capa de óxido que le protege), no es atacado por sustancias orgánicas, buen conductor del calor y la electricidad, es el tercer elemento más abundante en la naturaleza y de los más útiles, es muy fácil de mecanizar, alta plasticidad (muy dúctil y maleable), su único problema que no se encuentra en estado puro sino combinado con el oxígeno y otros elementos.
- **Obtención:** a partir de la bauxita (alúmina hidratada + impurezas). La metalurgia del aluminio se realiza en dos fases:
 - Transformación de la bauxita en alúmina: se tritura la bauxita, se introducen en un mezclador bauxita en polvo + hidróxido sódico + agua caliente, se introduce la solución en un decantador donde se separan los residuos no atacados por la sosa, en la cuba de precipitación de añade agua que provoca la separación de la sosa cáustica del aluminio hidratado, se somete a calcinación para eliminar la humedad y se enfría a temperatura ambiente.
 - Obtención del aluminio a través de la alúmina: la alúmina se disuelve en criolita (baja el punto de fusión), este baño se somete a un proceso de electrólisis que lo descompone en Al, CO₂ y CO. El aluminio así obtenido tiene una pureza del 995-99,8%. Para obtener mayor pureza se continúan los procesos de electrólisis hasta llegar al 99,99%.
- **Aplicaciones:** El aluminio puro tiene pocas aplicaciones al ser muy blando. Las principales aplicaciones son: fabricación del papel de aluminio, envases de paredes delgadas, recubrimiento de fachadas, botes de refresco, útiles de cocina, carpintería metálica, líneas de alta tensión, menaje de cocina, estructuras metálicas en aeronáutica, cámaras fotográficas y en general en la construcción de objetos que requieran poco peso.
- **Aleaciones:** la adición de elementos de aleación mejora las propiedades mecánicas (resistencia y dureza) disminuyendo la ductilidad, conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión. Los procesos de fabricación con el aluminio y sus aleaciones se realizan mediante conformación plástica (laminado, extrusión, estirado, forja) o mediante fundición. Por este motivo las aleaciones se clasifican en dos grupos: *de forja* (divididas a su vez en las que permiten ser endurecidas mediante tratamientos térmicos y las que no lo permiten) y *de fundición*.
 - **Aleaciones para forja:** Alnico (Al+Ni+Co), Aluminio-Manganeso (Al+Mn(<1,2%)), Aluminio-magnesio (Al+Mg(0,5-5%)), Aluminio-Cinc-Magnesio (Al+Zn+Mg), Aluminio-Cobre (Al+Cu) y Aluminio-Cobre-Magnesio (Al+Cu+Mg), Aluminio-Magnesio-Silicio (Al+Si+Mg).
 - **Aleaciones para moldeo:** Aluminio-silicio (Al+Si), Aluminio-Silicio-Cobre (Al+Si+Cu), Aluminio-Silicio-Magnesio (Al+Si+Mg).

5.2.2 Titanio (Ti)

- **Características:** Densidad 4,5 kg/dm³, punto de fusión 1700°C, más resistente a la corrosión que el acero inoxidable y mucho más ligero.
- **Obtención:** de la ilmenita y el rutilio. Pese a ser uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre, su obtención es costosa. Consta de varias etapas:
 - Primera etapa: Se transforma el titanio a tetracloruro de titanio, se reduce el tetracloruro con magnesio obteniéndose la “esponja de titanio”.

- Segunda etapa: la esponja de titanio se funde en vacío (por arco voltaico) para obtener el titanio en lingotes. Es un procedimiento laborioso y de elevado coste.
- Aplicaciones: piezas de proyectiles, cohetes, misiles, prótesis óseas y dentales, válvulas aórticas (es biológicamente compatible con huesos y tejidos), es uno de los componentes de los metales duros, se emplea como pigmento y antioxidante en la fabricación de pinturas, como elemento de adición en diferentes aleaciones, en equipos marinos, etc.
- Aleaciones: todas las aleaciones de titanio tienen la ventaja de presentar una elevada resistencia junto a una baja densidad (alcanzan casi la misma resistencia que las aleaciones de acero, pero con la mitad de peso). Se alea con: Aluminio (Al), estaño (Sn), vanadio (V), molibdeno (Mo), Carbono, nitrógeno (N), hierro (Fe), cromo (Cr), niobio (Nb). Cabe destacar la de Titanio y Aluminio por su resistencia a la corrosión, poca densidad y elevada resistencia a tracción.

5.3 Metales no férricos ultraligeros (densidad < 2kg/dm³)

5.3.1 Magnesio (Mg)

- Características: Densidad 1,74 kg/dm³, es el más ligero, punto fusión 650 °C, muy maleable y poco dúctil, en ambiente húmedo tiene mala resistencia a la corrosión, muy inflamable en estado líquido o en polvo, con la mayoría de los metales sufre corrosión galvánica.
- Obtención: se obtiene de los minerales: de la carnalita (que es un cloruro de magnesio, por electrólisis) y de la magnesita (que es un óxido de magnesio, por reducción térmica).
- Aplicaciones: su principal aplicación es formar parte de aleaciones ligeras y ultraligeras (para la fabricación de émbolos, cárteres, hélices, ruedas, trenes de aterrizaje de aviones), en estado puro queda limitado a bombas incendiarias, pirotecnia, como desoxidante y desulfurante, como ánodos de sacrificio.
- Aleaciones:
 - Para moldeo: aleaciones de magnesio con aluminio. Productos comerciales: Fumagal (Mg+6-9%Al) y Fumaginzir (Mg+4,5%Zn+0,7%Zr).
 - Para forja: Son aleaciones de magnesio con cinc (mejora la capacidad de deformación) o manganeso (aumenta resistencia a la corrosión). Productos: Magal (Mg+3-8%Al+Zn+Mn) y Magman (Mg+2%Mn).

5.3.2 Berilio (Be)

- Características: Densidad 1,84 kg/dm³, punto fusión 1280°C, alta toxicidad (solo hay una fábrica en el mundo que lo produce), maleable en estado puro, pero si está impurificado se vuelve quebradizo.
- Obtención: es muy escaso y se encuentra en el berilio que es un silicato de aluminio y berilio.
- Aplicaciones: como fuente de neutrones en la industria de producción de energía nuclear. Su principal aplicación es formando parte de distintas aleaciones con el cobre, aluminio, níquel, hierro, y en materiales eléctricos (aleado con el cobre).

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES.....	1
3	VENTAJAS DEL METAL NO FÉRRICO FRENTE A LOS FÉRRICOS.....	1
4	PROCESOS DE OBTENCIÓN DEL METAL.....	1
4.1	PREPARACIÓN DE LAS MENAS.....	1
4.2	EXTRACCIÓN DEL METAL.....	1
4.3	AFINO DEL METAL BRUTO.....	1
5	CLASIFICACIÓN DE LOS METALES NO FÉRRICOS Y SUS ALEACIONES.....	2
5.1	METALES NO FÉRRICOS PESADOS (DENSIDAD > 5 KG/DM ³).....	2
5.1.1	Cobre (Cu).....	2
5.1.2	Estaño (Sn).....	2
5.1.3	Plomo (Pb).....	2
5.1.4	Cinc (Zn).....	3
5.1.5	Níquel (Ni).....	3
5.1.6	Cromo (Cr).....	3
5.1.7	Wolframio (W).....	3
5.1.8	Cobalto (Co).....	3
5.1.9	Oro (Au).....	3
5.1.10	Plata (Ag).....	4
5.1.11	Platino (Pt).....	4
5.1.12	Mercurio (Hg).....	4
5.2	MATERIALES NO FÉRRICOS LIGEROS (2 KG/DM ³ < DENSIDAD < 5 KG/DM ³).....	4
5.2.1	Aluminio (Al).....	4
5.2.2	Titanio (Ti).....	4
5.3	METALES NO FÉRRICOS ULTRALIGEROS (DENSIDAD < 2KG/DM ³).....	5
5.3.1	Magnesio (Mg).....	5
5.3.2	Berilio (Be).....	5